

Timo Alakontiola

HAUKIPUTAAN ASEMAN KOULUN VAIHTOEHTOISET ENERGIANTUOTANTOMUODOT

HAUKIPUTAAN ASEMAN KOULUN VAIHTOEHTOISET ENERGIANTUOTANTOMUODOT

Timo Alakontiola
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Energiatekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikka

Tekijä: Timo Alakontiola
Opinnäytetyön nimi: Haukiputaan aseman koulun vaihtoehtoiset energiantuotantomuodot
Työn ohjaaja: Timo Kiviahde
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 41 + 2 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Oulun Tilakeskuksen tilauksesta ja osana kansainvälistä e-Lighthouse-hanketta. Tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoisia energiantuotantoratkaisuja Haukiputaalla sijaitseviin aseman koulun ja päiväkodin kiinteistöihin korvaamaan vanha öljylämmitysjärjestelmä. Osaan ratkaisusta liitettiin myös Oulun Sivakan hallinnoima rivitaloyhtiö. Selvitetystä energiaratkaisusta tehtiin kustannusarviot.

Aluksi kartoitettiin kiinteistöjen lämpöenergian ja sähkön tarpeet. Näiden avulla saatiin mitoitettua neljä erilaista energiantuotantovaihtoehtoa. Kahteen niistä, hakelämpö- ja CHP-laitokseen saatiin liitettyä myös Oulun Sivakan rivitaloyhtiö. Lisäksi ehdotettiin maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmää. Näissä kaikissa ehdotetuissa ratkaisuissa saatiin arvioitua realistiset takaisinmaksuajat. Investointikustannuksia laski osittain se, että kaikissa tuotantomuodoissa kohteissa jo olevat öljykattilat jätetään vastaamaan huipputehontarpeesta ja kesäaikaisesta käyttöveden lämmityksestä. CHP-laitosta lukuun ottamatta kaikissa esitetyissä vaihtoehdoissa öljyn käyttöä saatiin kuitenkin vähennettyä merkittävästi.

Kannattavimmaksi vaihtoehdoksi saatiin lopulta hakelämpölaitos. Sillä saadaan tuotettua lämpöä useampaan eri kohteeseen. Täten investointikustannuksia saadaan jaettua useamman osakkaan kesken. Hakelämpölaitoksella todettiin myös olevan työllistävä vaikutus. Hakelämpölaitosta tarkemmin suunniteltaessa suositellaan selvitettäväksi muidenkin alueella olevien kiinteistöjen halukkuus liittyä verkkoon. Täten kustannuksia saataisiin jaettua entisestään ja alueen omavaraisuutta lisättyä.

Asiasanat: aluelämmitys, hakevoimalat, lämmöntuotanto, maalämpö, lämpöpumput, uusiutuvat energialähteet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Energy technology

Author: Timo Alakontiola

Title of thesis: Alternative methods of energy production at Haukipudas' Aseman koulu

Supervisor: Timo Kiviahde

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017 Pages: 41 + 2

This thesis was made for the city of Oulu and as part of the international e-Lighthouse project. The aim of the thesis is to find out alternative methods of energy production at Aseman koulu situated in Haukipudas to replace the old oil heating system. Some of the solutions also incorporate a nearby row house, which is owned by Sivakka. Cost estimates were also included for all the different energy production methods.

Initially, calculations of the total use of energy for the properties were made. These were used as the basis for four different energy production options. Two of them were also connected to the nearby row house, the wood chip heating plant and the co-generation plant. A geothermal and an air-to-water heat pump systems were also proposed. These proposed methods had realistic repayment periods of investment. The investment costs were partly offset by the fact that in these production methods, the old oil boilers were kept handling peak demand and hot water heating in summer. Except for the co-generation plant, all the proposed options reduced oil usage significantly.

The wood chip heating plant was eventually chosen as the most cost-effective method. It provides more than one user with heat and thus, investment costs can be shared amongst several parties. The heating plant was also determined to have an employing effect. When designing the heat plant more precisely, it is recommended to survey the willingness of other properties in the area to join the thermal network. This would increase the self-sufficiency of the region and further divide the investment costs.

Keywords: co-generation, energy, fossil fuel, geothermal, heat, thermal energy

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 KOHTEET	8
2.1 Kiinteistöt	8
2.2 Nykyinen lämmöntuotantolaitteisto	9
2.3 Kiinteistöjen lämmitystehontarve	9
2.4 Lämpimän käyttöveden lämmitys	11
2.5 Lämpötilan pysyvyys	12
2.6 Sähköntuotanto	14
3 ENERGIANTUOTANTOVAIHTOEHDOT	15
3.1 Lämpölaitos	15
3.1.1 Verkosto	16
3.1.2 KPA-kattila	19
3.2 CHP-laitos	25
3.2.1 Lämpötehon mukainen CHP	26
3.2.2 Sähkötehon mukainen CHP	27
3.3 Maalämpö	29
3.3.1 Tehon määrittäminen	29
3.3.2 Lämpökaivot	31
3.4 Ilma-vesilämpöpumppu	32
3.4.1 Tehon määrittäminen	32
3.4.2 Tukea polttoaine	32
4 KUSTANNUKSET	33
4.1 Hakelämpölaitos	34
4.2 CHP-laitos	35
4.3 Maalämpö	35
4.4 Ilma-vesilämpöpumppu	36
5 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39

LIITE 1

LIITE 2

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää ja mitoittaa vaihtoehtoisia energiantuotantomuotoja Haukiputaan aseman koululle. Työn tilaajana toimii Oulun Tilakeskus, ja opinnäytetyö on osa kansainvälistä e-Lighthouse-hanketta. Perimmäisenä tavoitteena on korvata aseman koulun vanha öljylämmitysjärjestelmä. Vanhan öljylämmitysjärjestelmän korvaamista uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla puoltavat mm. vuotuiset käyttökustannukset ja ympäristöystävällisyys.

Selvitettävään kiinteistöön on aiemmin mitoitettu maalämpöjärjestelmä, mutta tätä työtä aloitettaessa yksi aseman koulun rakennuksista oli suunniteltu purettavaksi. Vanhassa mitoituksessa purettava rakennus oli mukana. Tämän työn laskuissa purettavaksi suunniteltua rakennusta ei ole huomioitu.

Osaan työssä ehdotettavia energiantuotantoratkaisuja liitetään myös koulun läheisyydessä sijaitseva Oulun Sivakan hallinnoima rivitaloyhtiö osoitteessa Rautiolantie 7. Kaikista ehdotetuista energiaratkaisuista esitetään myös kustannusarviot.

2 KOHTEET

Tässä opinnäytetyössä tullaan selvittämään uusi energiantuotantotapa Oulussa, Haukiputaalla sijaitsevalle aseman koululle ja aseman päiväkodille. Kun mahdollista, liitetään energiantuotantoratkaisuun myös Oulun Sivakan hallinnoima rivitaloyhtiö osoitteessa Rautiolantie 7.

2.1 Kiinteistöt

Haukiputaan aseman koulu koostuu yhteensä neljästä erillisestä rakennuksesta, joista B-rakennus on suunniteltu purettavaksi, joten sitä ei tulevaisuudessa laskuissa huomioida. Kaikista rakennuksista on saatavilla kattavat energiankulutusraportit useammalta vuodelta.

Aseman päiväkotitoimitus sijaitsee Haukiputaan aseman koulun välittömässä läheisyydessä. Aseman päiväkodin käyttämä lämpöenergia tuotetaan tällä hetkellä aseman koulun öljykattiloilla. Myös päiväkodista on saatavilla kattavat energiankulutustiedot.

Rautiolantie 7:ssä sijaitsevasta Oulun Sivakan taloyhtiöstä saatiin myös kattavat energiankulutustiedot kolmelta edelliseltä vuodelta. Kiinteistö sijaitsee noin 250 metrin päässä Haukiputaan aseman koulusta, Kiiminkijoen toisella puolella.

Kiinteistöjen sijainnit on esitetty kuvassa 1. Kuvasta käy ilmi kiinteistöjen läheinen sijainti keskenään, joka on omiaan mahdollistamaan keskitetyn lämmöntuotannon.



KUVA 1. Selvityksen alaiset kiinteistöt

2.2 Nykyinen lämmöntuotantolaitteisto

Nykyisellään Haukiputaan aseman koulun lämpö tuotetaan kahdella kattilalla, jotka käyttävät polttoaineenaan kevyttä polttoöljyä. Näillä kattiloilla tuotetaan lämpö myös päiväkotirakennukseen.

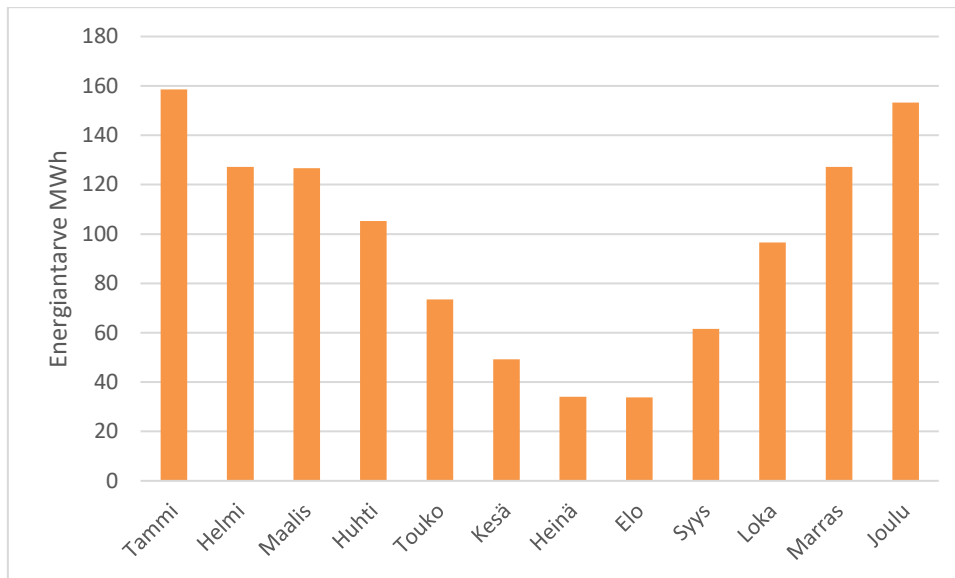
Toinen kattiloista, malliltaan Högfors 20 H20-10 on valmistettu vuonna 1983 eli lähestyy jo suositeltua käyttöikänsä. Polttimena kattilassa on Oilonin KP-26 H ja kattilan nimellisteho on 250 kW. Uudempi kattila, Thermia H 21-10 on valmistettu vuonna 2004. Sen polttimena toimii Oilonin KP-50 H ja kattilan nimellisteho on 330 kW.

Rautiolantie 7:ssä lämpöenergia tuotetaan JÄMÄ 1180 -kattilalla, jonka teho on 185 kW. Kattila on valmistettu vuonna 1996.

2.3 Kiinteistöjen lämmitystehontarve

Kohteista saatiin käytettäväksi energiankulutusraportit, joista käy ilmi kuukausittaiset lämmön-, sähkön- ja vedenkulutukset. Laskelmia tehtäessä otettiin huomioon kolme edellistä vuotta eli vuodet 2014–2016. Kuvasta 2

nähdään kohteiden lämpöenergiankulutuskeskiarvot kuukausittain vuosina 2014–2016.



KUVA 2. Kohteiden yhteenlasketut lämpöenergiatarvekeskiarvot kuukausittain vuosina 2014–16

Kuukausien lämmöntarvekeskiarvot yhteenlaskemalla saadaan vuotuiseksi kolmen vuoden lämmöntarvekeskiarvoksi 1147,1 MWh. Tästä voidaan laskea arvio kiinteistöjen lämmitykseen vuodessa kuluvan öljyn määrästä kaavalla 1. (D5 (2013). 2012, 730.)

$$V_{öljy} = \frac{\frac{1147,1 \text{ MWh} \cdot 1000}{10,02 \text{ kWh/dm}^3}}{0,87} = 131\,587 \text{ dm}^3$$

KAAVA 1

jossa,

$V_{öljy}$ = Vuotuinen öljynkulutus

Käytössä olevien öljykattiloiden hyötysuhteena käytettiin 87 %:a. (Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. 2010.)

Kokemusperäisiä arvoja käyttäen voidaan öljynkulutuksesta laskea kiinteistöjen huipputehon tarve. Huipputeholla tarkoitetaan lämmitystehon tarvetta silloin, kun kulutus on suurimmillaan. Jakamalla öljynkulutuksen 200–250:llä saadaan tulokseksi huipputehon tarve kilowatteina. Lämmitystehon tarpeeksi saadaan laskettua kaavalla 2 noin 660 kW. (Energian kulutus ja tehon tarve. 2017.)

$$P_{\text{lämpö}} = \frac{V_{\text{öljy}}}{200} = 658,0 \text{ kW} \quad \text{KAAVA 2}$$

jossa,

$$P_{\text{lämpö}} = \text{Kiinteistöjen huipputehon tarve}$$

2.4 Lämpimän käyttöveden lämmitys

Kiinteistöjen energiankulutustiedoista käy ilmi käytetyt kokonaisvesimäärät vuosilta 2014–2016. Näistä tiedoista laskettiin lämpimän käyttöveden osuudet käyttämällä kokemusperäisiä arvioita. Asuinkiinteistössä lämpimän käyttöveden osuudeksi arvioitiin 40 % kokonaisvedenkulutuksesta. Koulun ja päiväkodin lämpimän käyttöveden osuudeksi arvioitiin 30 %. Koulun arvoissa on huomattavat poikkeamat vuosien 2014 ja 2016 talven kuukausina. Tämän oletetaan johtuvan luistinkentän jäädyttämisestä. Jäädyttämiseen oletetaan käytettävän kylmää vettä, joten arvoja on pyöristetty laskuissa hiukan alaspäin. (Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2017.)

Lämpimän käyttöveden kokonaiskulutuksiksi saatiin kolmelta vuodelta 983,1 m³, 950,5 m³ ja 1014,8 m³. Tuloksista nähdään lämpimän käyttöveden käytön pysyvän säännöllisenä. Lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia laskettiin kaavalla 3. (D5 (2013). 2012, 24.)

$$Q_{\text{lkv,netto}} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{\text{lkv}} (\Delta T_{\text{lkv}})}{3600} \quad \text{KAAVA 3}$$

jossa,

$$Q_{\text{lkv,netto}} = \text{lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh}$$

ρ_v = veden tiheys, 1000 kg/m³

c_{pv} = veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)

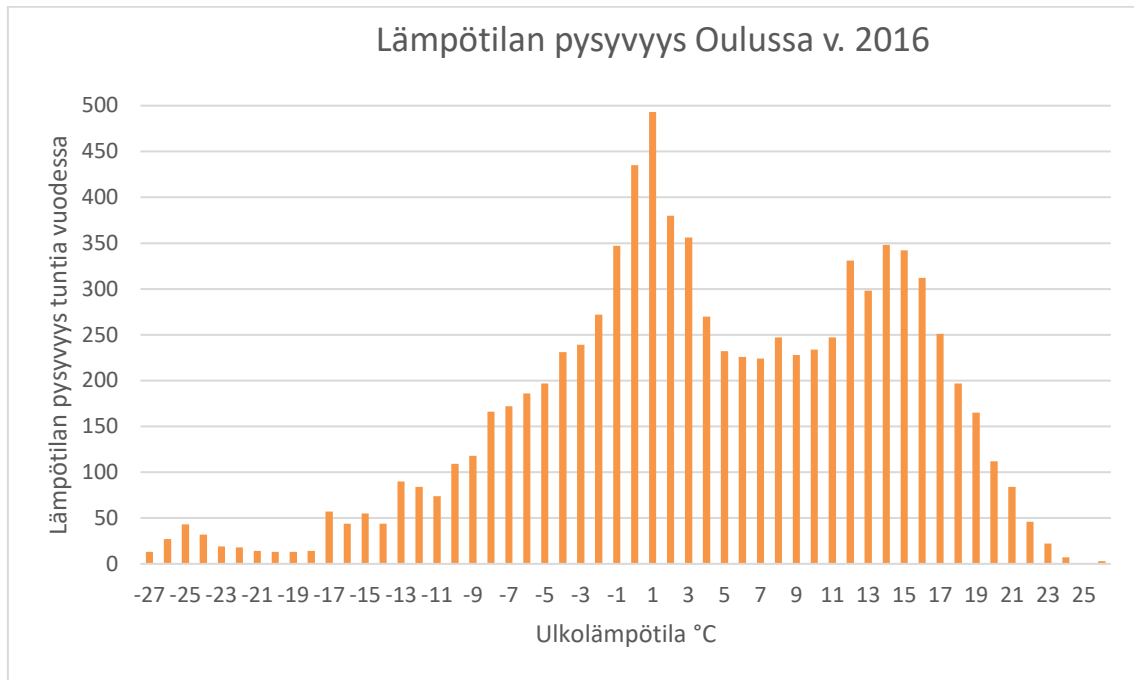
ΔT_{lkv} = lämpimän ja kylmä veden lämpöero, 50 °C

Kun veden kulutukset jaettiin kuukausittain, saatiin vuotuinen lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia jaettua kuukausittain. Tuloksista huomattiin lämpimän käyttöveden tarpeen laskevan kesän aikana. Tämän oletetaan johtuvan siitä, että koulun ja päiväkodin käyttö on tänä aikana vähäistä. Vuodessa käyttöveden lämmitykseen kuluva energia on noin 57 MWh ja kuukaudessa keskimäärin 4,8 MWh.

2.5 Lämpötilan pysyvyys

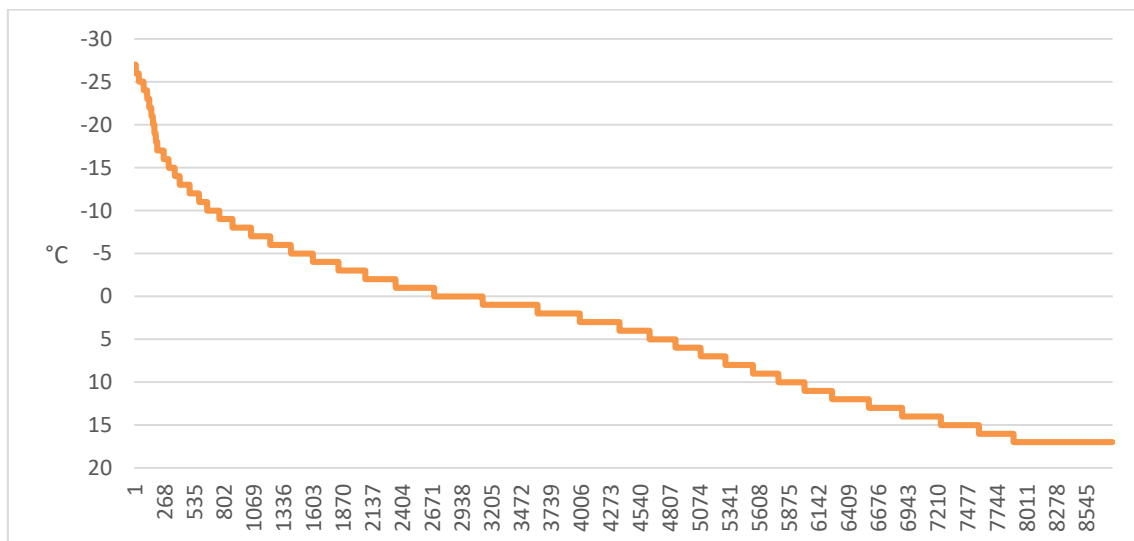
Suurin tehontarpeen vaihteluita aiheuttava yksittäinen tekijä on ulkolämpötila, koska suurin osa lämmön tuotannosta kuluu rakennusten lämmitykseen. Rakennuksissa alkaa muodostua lämmitystarvetta yleisesti ottaen noin 17 °C:n ulkolämpötilassa. Tarkkailemalla paikkakunnan ulkolämpötilojen pysyvyyttä voidaan määrittää lämmityslaitteiston vuotuinen käyttöaika. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 9.)

Kuvasta 3 voidaan nähdä ulkolämpötilan pysyttelevän suurimman osan vuodesta –5 °C:n yläpuolella. Toisaalta alle –18 °C:n lämpötiloja kertyy vuoden aikana niin vähän, etteivät ne merkittävästi vaikuta energiankulutukseen.



KUVA 3. Lämpötilan pysyvyys Oulussa v. 2016 (Lämpötilatiedot Oulun Vihreäsaaren sääasemalta vuodelta 2016. 2017)

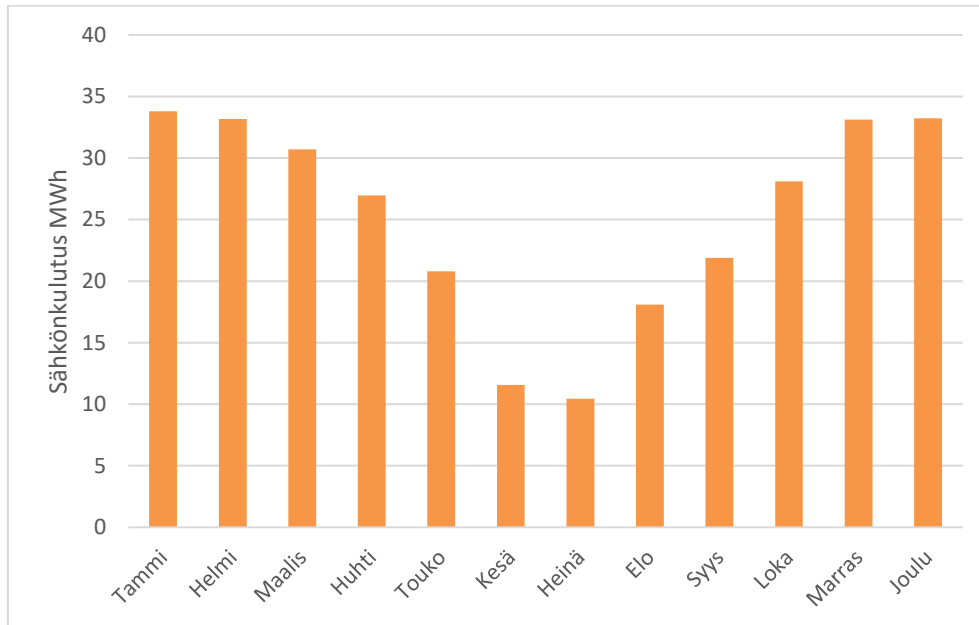
Kuvasta 4 nähdään lämpötilan pysyvyyskäyrä, jossa yli 17 °C:n lukemat on muunnettu 17 °C:seen. Kuvaajaa on täten jatkossa helpompi hyödyntää eri energiaratkaisujen mitoittamiseen.



KUVA 4. Lämpötilan pysyvyyskäyrä. (Lämpötilatiedot Oulun Vihreäsaaren sääasemalta vuodelta 2016. 2017.)

2.6 Sähköntuotanto

Kuvasta 5 nähdään kohteiden sähkönkulutuskeskiarvot kuukausittain kolmen vuoden keskiarvona. Keskiarvot yhteen laskemalla saadaan kolmen vuoden sähkönkulutuskeskiarvoksi 301,9 MWh vuodessa.



KUVA 5. Kohteiden yhteenlasketut sähkönkulutuskeskiarvot kuukausittain vuosina 2014–2016

3 ENERGiantuotantovaihtoehdot

Kohteisiin tarkastellaan soveltuvaksi useampaa eri energiantuotannon muotoa. Vertailtaviksi vaihtoehtoiksi valikoituivat kiinteää polttoainetta käyttävä lämpölaitos, kiinteää polttoainetta käyttävä CHP-laitos, maalämpö ja ilma-vesilämpöpumppu.

Mahdolliselle erilliselle energiantuotantolaitokselle on käytettävissä tontti, jossa on tällä hetkellä Haukiputaan aseman koulun opettajien parkkipaikat. Sijainti käy ilmi kuvasta 6. Sijainti olisi sopivalla etäisyydellä kaikista selvityksen alaisista kiinteistöistä, eikä lämmönsiirtoverkosto kasvaisi täten liian suureksi.



KUVA 6. Mahdollinen sijainti erilliselle energiantuotantolaitokselle.

3.1 Lämpölaitos

Yhtenä vartenotettavana vaihtoehtona olisi erillisen lämpölaitoksen rakentaminen kiinteistöjen läheisyyteen. Sopiva sijainti lämpölaitokselle käy ilmi kuvasta 6.

Polttoaineena lämpölaitoksessa käytettäisiin joko pellettiä tai haketta. Taulukossa 1 on vertailtu pelletin ja hakkeen kustannuksia ja menekkiä käyttäen kevyttä polttoöljyä vertailukohtana. Polttoaineiden menekissä on käytetty

pelletti- ja hakekattilan hyötysuhteina 80 %:a. (Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. 2010.)

*TAULUKKO 1. Polttoaineiden ominaisuuksia ja kustannusarvioita
(Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin
ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. 2010.)*

	Lämpöarvo	Hinta	Vuotuinen menekki	Vuotuiset kustannukset
Puupelletti	4 700 kWh/tn	250€/tn	305 tn	76 250€
Polttohake	700 kWh/irto- m ³	25€/irto-m ³	2 050 irto-m ³	51 250€
Kevyt polttoöljy	10,02 kWh/litra	0,8€/litra	131 587 litraa	105 270€

Taulukon 1 hinta-arviot osoittavat hakkeen parhaaksi polttoainevaihtoehdoksi kustannusten perusteella. Hakkeen saatavuus on hyvä, sen polttoon käytettävät laitteet luotettavia ja niitä on saatavilla usealta eri toimittajalta.

Hakkeen lämpöarvo on sidoksissa suoraan sen kosteusprosenttiin. Taulukossa 1 mainitun hakkeen kosteus on noin 40 %. Hakkeessa olevien puulajien väliset lämpöarvoerot ovat merkitykseltään pienempiä. (Puun kosteus. 2017.)

3.1.1 Verkosto

Yksi tärkeä seikka, jota täytyy tarkastella tällaista aluelämpökeskusta suunniteltaessa, on sen lämpöverkosto. Toimivaksi todettu tapa tarkastella laitoksen kannattavuutta on laskea lämmitettävien rakennuskuutiometrien suhde lämpöverkon pituuteen. Saadun luvun tulisi olla yli 40 r-m³/verkostometri. Tällöin laitosta voidaan pitää taloudellisesti kannattavana. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 6.)

Kuvasta 7 nähdään hahmotelma laitoksesta ja lämpöverkostosta. Kuvassa verkosto on merkitty oranssilla katkoviivalla. Verkoston pituudeksi tulisi noin 400 metriä ja lämmitettävien rakennusten rakennustilavuus on yhteensä 18 291 m³. Arvojen suhdeluvuksi saadaan noin 45,7 r-m³/verkostometri.



KUVA 7. Lämpölaitos ja lämpöverkosto.

Kaukolämpöjohtojen valinta tehdään aina jokaiselle verkoston osalle erikseen tehontarpeen mukaisesti. Yleisesti ottaen suositellaan käytettäväksi teräksistä, kaksiputkirakenteellista Mpuk-johtoa pienen lämpöhäviön vuoksi ja tässä tapauksessa pienten putkikokojen takia. Kaukolämpöjohtojen koot lasketaan kaavoilla 4 ja 5. (Mäkelä 2016; Mäkelä – Tuunanen 2015, 52–53.)

$$\dot{Q} = \rho * q_v * c_p * \Delta t$$

KAAVA 4

jossa,

\dot{Q} = kaukolämpöteho, kW

ρ = kaukolämpöveden tiheys, kg/dm³

q_v = kaukolämpöveden virtaama, dm³ /s

c_p = kaukolämpöveden ominaislämpökapasiteetti, kJ/(kg K)

Δt = kaukolämpöveden jäähtymä

$$d_{lask} = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi v_{mit}}} \quad \text{KAAVA 5}$$

jossa,

d_{lask} = laskennallinen putkihalkaisija, m

q_v = kaukolämpöveden virtaama, m³ /s

v_{mit} = mitoituksessa käytettävä kaukolämpöveden virtausnopeus, m/s

Rautiolantie 7:ään menevän johdon pituudeksi tulee noin 275 metriä ja putkikooksi on laskettu DN50. Koulun kiinteistöön menevän johdon pituus on noin 125 metriä ja putkikooksi on laskettu DN80.

Lämpöhäviöt pienissä kaukolämpöverkoissa ovat yleensä 10–20 %, silloin kun putkikoot ovat keskimäärin DN50 (Kaukolämmön käsikirja 2006, 203). Näin voidaan olettaa myös tässä tapauksessa olevan, joten verkoston häviöksi oletetaan 15 %. Kun kiinteistöjen lämmöntarpeen aikaisemmin laskettiin olevan 1147,1 MWh/a, verkoston lämpöhäviöarvioksi saadaan kaavalla 6 noin 200 MWh/a. Verkoston lämpöhäviöistä johtuen lämmitystehon kokonaistarve erillisellä lämpölaitoksella operoitaessa on siis noin 680 kW, kun oletetaan kaukolämpöverkoston toimivan koko vuoden.

$$\emptyset_{lhv} = \left(\frac{1147,1 \text{ MWh/a}}{85} * 100 \right) - 1147,1 \frac{\text{MWh}}{\text{a}} = 202,4 \text{ MWh/a} \quad \text{KAAVA 6}$$

jossa,

\emptyset_{lhv} = verkoston vuotuiset lämpöhäviöt

3.1.2 KPA-kattila

Kiinteän polttoaineen kattilaa mitoitettaessa tulee ottaa huomioon kattilalla tuotettava vuotuinen energiamäärä. KPA-kattilaa ei ole järkevää mitoittaa kattamaan koko verkoston mitoitustehoa. KPA-kattilalla tulisi tuottaa peruslämpö ja samalla pyrkiä mahdollisimman tasaiseen kuormaan ja mahdollisimman suureen nimellistehon käyttöaikaan. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 6–8.)

Nimellistehon käyttöaika määritellään sen mukaan, paljonko kattilalla tuotetaan energiaa vuodessa. Siitä nähdään, montako tuntia kattilaa pitäisi käyttää nimellistehollaan, jotta tuotettaisiin vuodessa tuotettu energiamäärä. Peruslämpöä tuottavalla KPA-kattilalla tulisi pyrkiä vähintään 4000 h/a nimellistehon käyttöaikaan. Asuin- ja toimistorakennuksien lämpöverkkojen tyyppinen nimellistehon käyttöaika on noin 2500 h/a. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 7–8.)

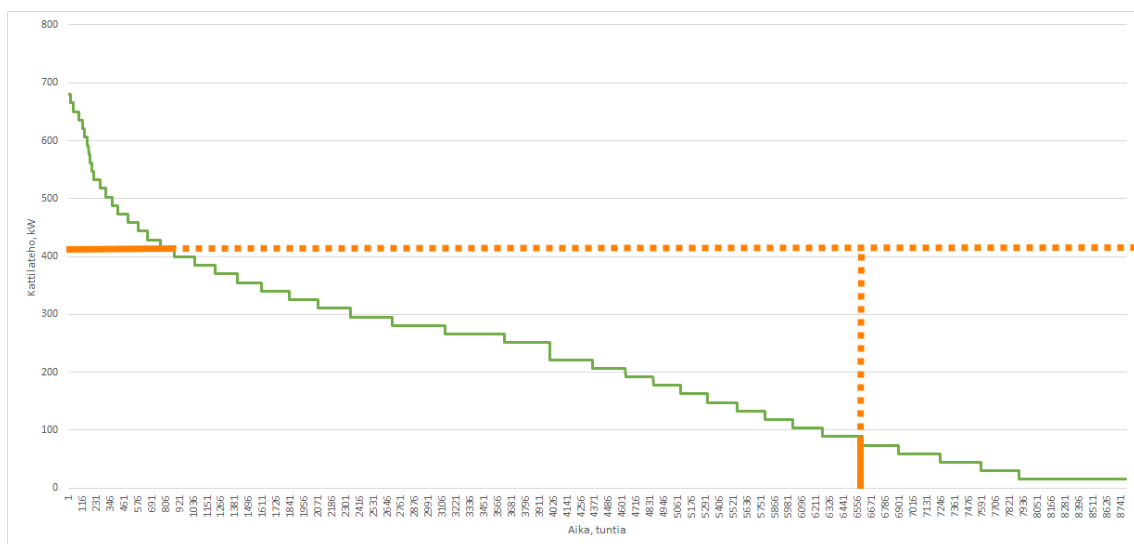
Peruslämmityslaitokseksi suunniteltavan KPA-kattilan mitoitustehon tulisi olla 40–60 % verkoston mitoitustehosta. Tällöin kattilalla saadaan tuotettua noin 80–90 % kokonaisenergiasta. Jos kattilan tehoa nostetaan yli 60 %, ei kattilalla tuotettu energiamäärä juurikaan kasva. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 8.)

Verkoston mitoitustehoksi on määritetty aikaisemmin yhteensä noin 1350 MWh/a, joka koostuu siis kiinteistöjen lämmöntarpeesta ja verkoston lämpöhäviöistä. Taulukosta 2 käy ilmi mitoitettavan KPA-kattilan koot eri mitoitustehosuhteilla, kun verkoston mitoitusteho on 680 kW.

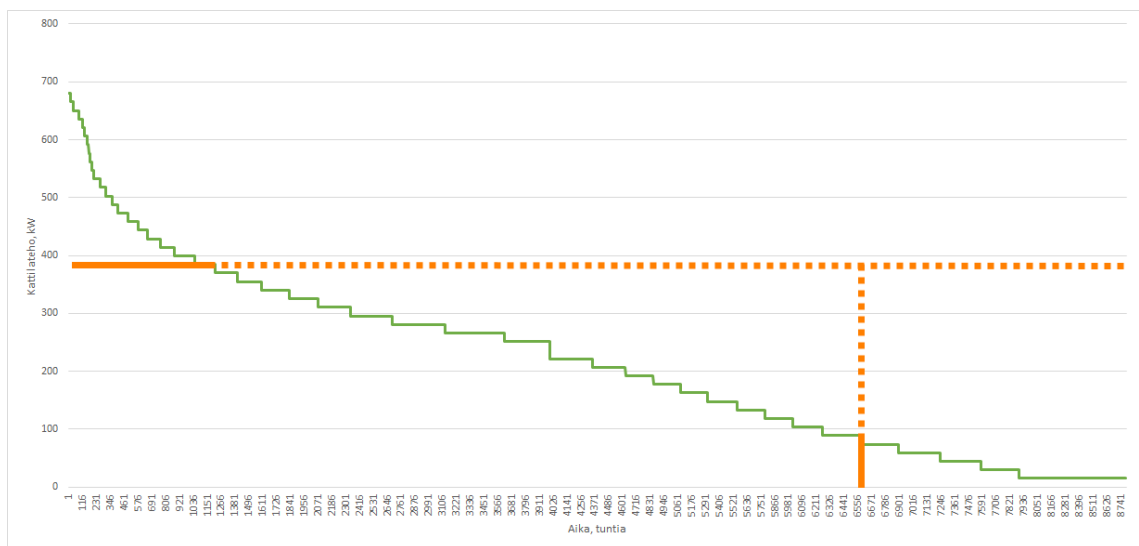
TAULUKKO 2. Vertailtavien KPA-kattilakokojen osuudet verkoston mitoitustehosta.

	40%	45%	50%	55%	60%
Osuus verkoston mitoitustehosta	272 kW	306 kW	340 kW	374 kW	408 kW
KPA-kattilan teho	280 kW	310 kW	340 kW	380 kW	410 kW

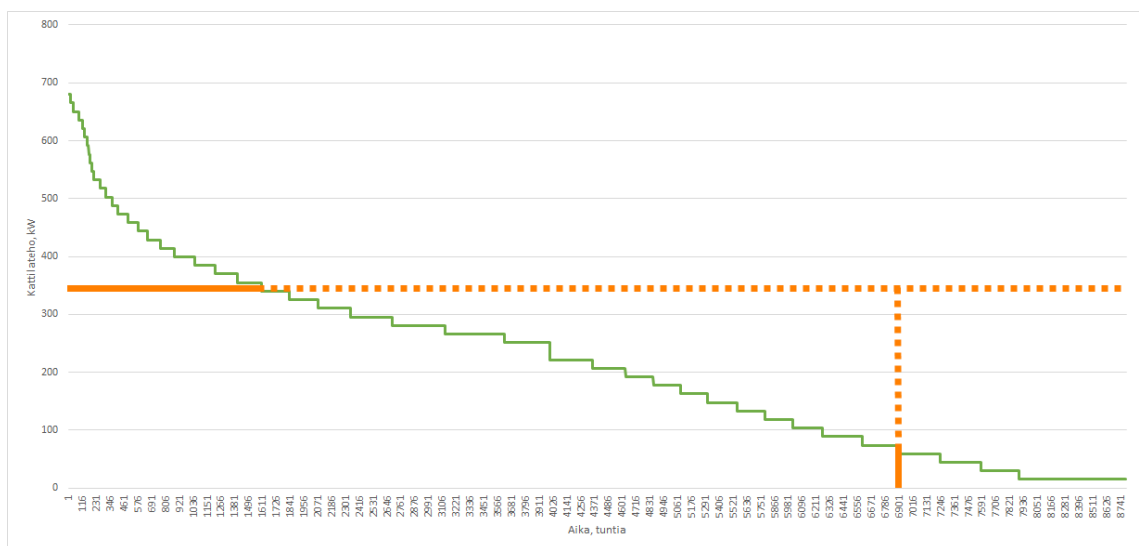
Kuvissa 8–12 on esitetty KPA-kattilan tehon pysyvyyskäyrä ja taulukossa 2 esitettyjen kokojen mukaisilla kattiloilla tuotetut energiamäärät. Kattilan käytön alarajaksi on määritetty 25 % mitoitustehosta. Kattilan huipputeho on merkitty kuvissa vaakasuoralla viivalla ja käytön alaraja on merkitty pystyviivalla. Kattilalla tuotettu vuotuinen energiamäärä on näiden suorien ja pysyvyyskäyrän rajaama alue.



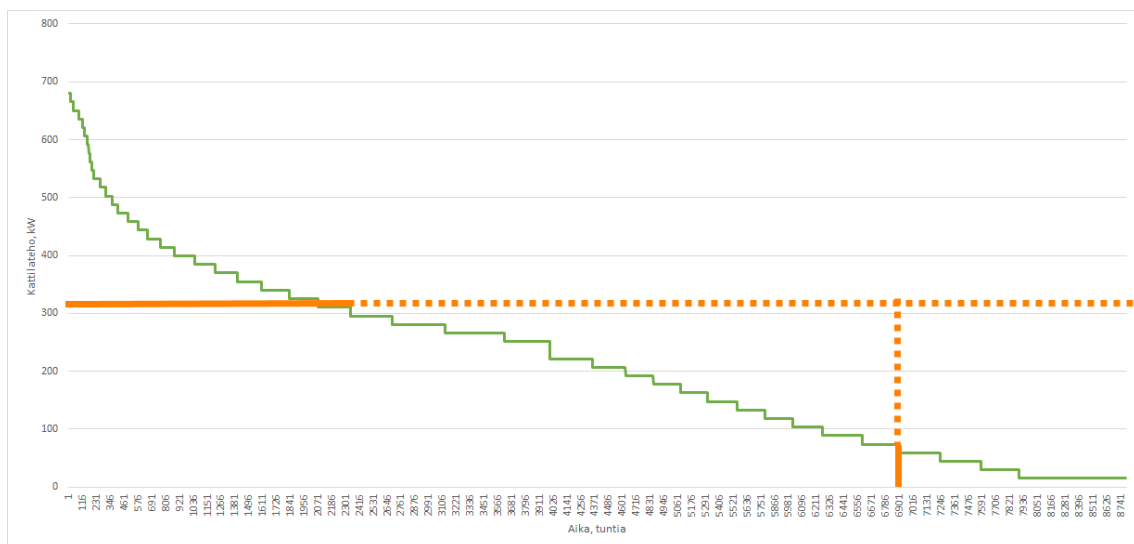
KUVA 8. Tehon pysyvyyskäyrä 410 kW:n kattilalla



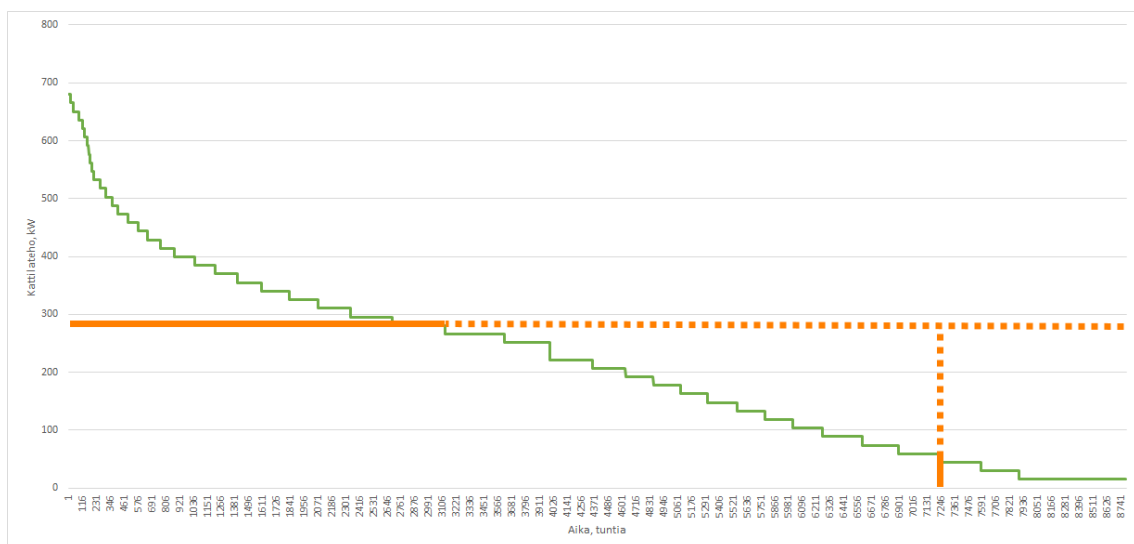
KUVA 9. Tehon pysyvyyskäyrä 380 kW:n kattilalla



KUVA 10. Tehon pysyvyyskäyrä 340 kW:n kattilalla



KUVA 11. Tehon pysyvyyskäyrä 310 kW:n kattilalla



KUVA 12. Tehon pysyvyyskäyrä 280 kW:n kattilalla

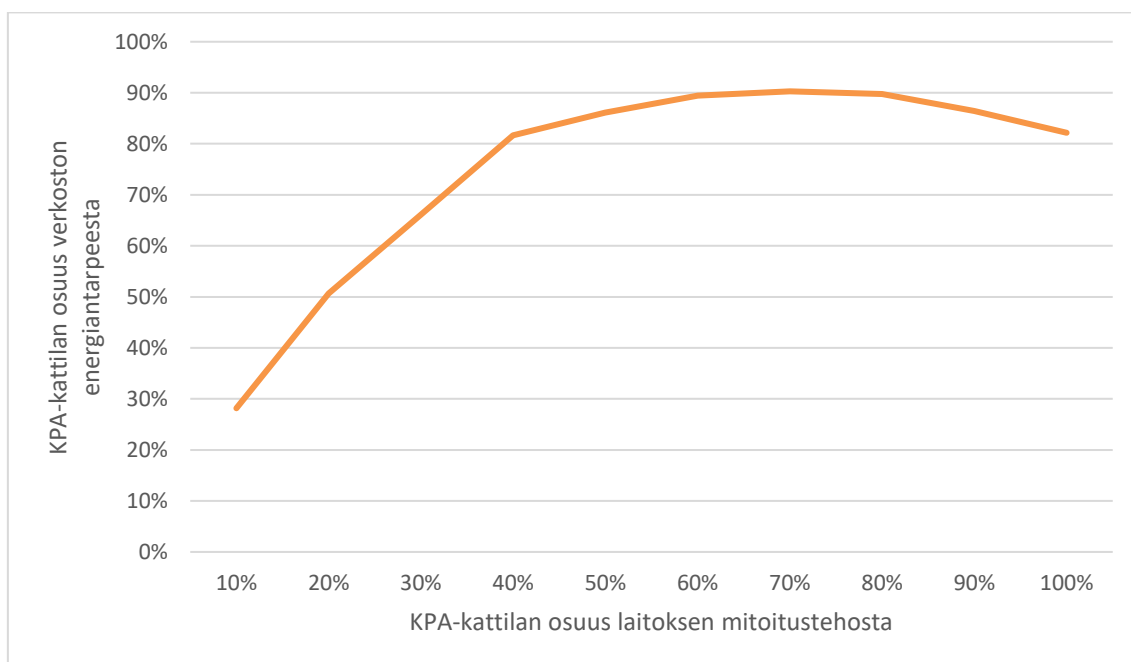
Edellä esitetyt energiamäärät on esitetty numeerisesti taulukossa 3. Energiantuotannon laskennassa on käytetty kattilan hyötysuhteena 80 % ja laitoksen käytettävyytenä 90 %. Taulukosta käy myös ilmi kattiloiden nimellistehon käyttöaika.

TAULUKKO 3. Eri tehoisten kattiloiden tunnuslukuja.

	410 kW	380 kW	340 kW	310 kW	280 kW
Tuotettu lämpöenergia [MWh]	1207,7	1204,2	1162,9	1141,57	1102,51
Nimellistehon käyttöaika [h]	2950	3170	3420	3680	3940

Jos kattila mitoitettaisiin täysin verkoston mitoitustehon mukaan, kattilan kooksi tulisi 680 kW. Tällöin energiantuotanto keskeytyisi laitteistosta riippuen jo 150–200 kW:n tehontarpeessa ja saavutettaisiin ainoastaan 1700–2000 tunnin nimellistehon käyttöaika.

Kuvasta 13 nähdään KPA-kattilalla tuotettavissa oleva energia eri tehosuhteilla. Laskennassa on käytetty samoja arvoja ja lämpötilatietoja kuin aikaisemmissakin laskennoissa.



KUVA 13. KPA-kattilan tuottama energiaosuus eri tehosuhteilla

Kuvasta 13 käy ilmi, että optimaalinen kattilan mitoitus-teho on noin 55 % verkoston mitoitus-tehosta. Tällöin kattilalla saadaan tuotettua jopa 89 % verkoston tarvitsemasta lämpöenergiasta. Nostamalla kattilan tehoa esimerkiksi 60 %:iin mitoitus-tehosta saataisiin tuotettua vain 3 MWh enemmän lämpöenergiaa vuodessa.

380 kW:n KPA-kattilalla järjestelmän tehollinen tuotantoaika vuodessa olisi noin 5935 tuntia, häiriötilanteista johtuvat seisokit ja tuottamattomuusajat noin 660 tuntia. Suunnitellut seisonta-ajat eli ajat, jolloin lämpöenergia on suunniteltu tuotettavan tukipolttoaineella, ovat noin 2165 tuntia vuodessa.

Saneerattavissa kohteissa tukipolttoaineena käytetään yleensä olemassa olevia lämmöntuotantolaitteita. Kohteissa olevia öljykattiloita voitaisiinkin käyttää kattamaan huipputehontarpeet ja kesäaikainen lämpimän käyttöveden lämmitys. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 11.)

Polttoainevaraston riittävyyden laskentaan käytetään kaavaa 7. Laskennassa on käytetty polttohakkeen lämpöarvoa taulukosta 1, jolloin hakkeen kosteusprosentin oletetaan olevan 40 %. Yleisesti ottaen varaston tilavuuden tulisi olla vähintään 2,5 kertaa kuljettavan ajoneuvon tilavuus. Jos haketta kuljetetaan laitokselle täysperävaunullisella rekalla, tästä ohjeellisesta tilavuudesta on yleensä tingitty. Tällöin varaston minimi-tilavuuden tulisi olla 300 m³, mikä edellä lasketulla 380 kW:n laitoksella vastaisi noin 550 tunnin kulutusta, eli täyttöväliksi tulisi yli 20 vuorokautta. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 13-14.)

$$\frac{h \cdot \phi_{laitos}}{H_{pa}} = V_{pav}$$

KAAVA 7

jossa,

h = polttoainevaraston täyttöväli

ϕ_{laitos} = laitoksen mitoitus-teho

H_{pa} = polttoaineen lämpöarvo

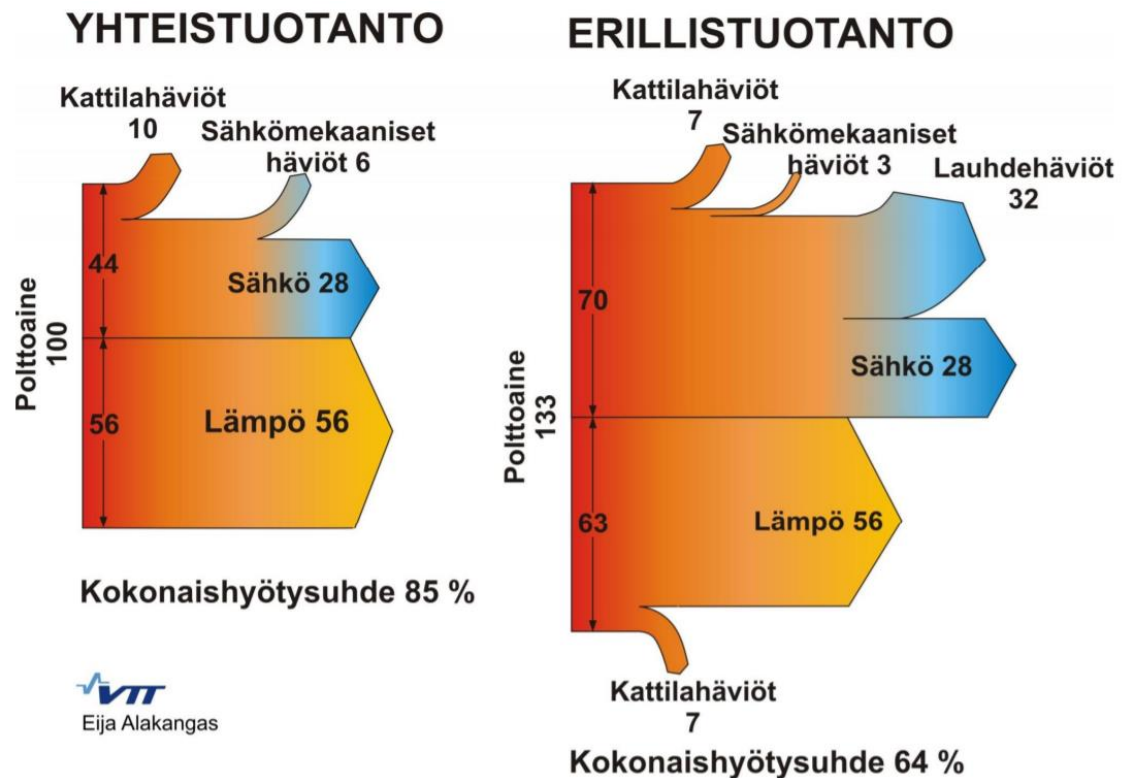
V_{pav} = polttoainevaraston tilavuus

Hakkeen kulutusta laskettaessa on käytetty laskentaperusteina edellä esitettyä vuotuista energiantarvetta sekä hakekattilan 89 %:n osuutta energian tuotannosta. Kattilalaitoksella kuluisi vuodessa haketta noin 1720 i-m³ hakkeen kosteuden ollessa noin 40 % ja laitoksen vuosihyötysuhteen 80 %:n luokkaa.

Jos tukipolttoaineena käytetään kevyttä polttoöljyä ja kattiloina olemassaolevia öljykattiloita, kuluisi kevyttä polttoöljyä vuodessa noin 18 130 litraa. Arvioinnissa on käytetty arvoina öljykattiloiden 80 %:n vuosihyötysuhdetta ja kevyen polttoöljyn lämpöarvoa taulukosta 1. Öljykattiloiden hyötysuhde heikkenee, koska ne ovat vain osittaiskäytössä. Niiden käyttö ajoittuisi lähinnä kesäajalle ja kovimmille talvipakkasille. Öljykattiloilla tuotettaisiin vuodessa noin 145 MWh energiaa. (Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002, 44–45.)

3.2 CHP-laitos

Yhdistetyllä sähkön ja lämmön tuotannolla tarkoitetaan sellaista sähkön tuotantoa, missä polttoaineesta saatava lämpöenergia hyödynnetään esim. tilojen tai käyttöveden lämmitykseen. Kuten kuvasta 14 nähdään, tällä tavalla saavutetaan huomattavasti korkeampi kokonaishyötysuhde kuin sähkön ja lämmön erillistuotannolla.



KUVA 14. Sähkön ja lämmön yhteistuotannon hyötysuhde verrattuna erillistuotantoon (Flyktman 2013)

CHP-laitos mitoitetaan kahdella eri tavalla, lämpötehon mukaan ja sähkötehon mukaan. Lämpötehon mukaan mitoitettussa ratkaisussa käytetään apuna lämpölaitokselle tehtyjä laskuja, koska mitoitustavuste on sama. Sähkötehon mukaan mitoitettussa ratkaisussa CHP-laitos mitoitetaan keskimääräisen sähkötehon mukaan.

CHP-tuotannon etuna on korkea, joissain tapauksissa jopa 90 %:n kokonaishyötysuhde. Sähköntuotannon hyötysuhde on yleensä 30 %:n luokkaa kaasutuslaitteistolla, ja lämmöntuotannon hyötysuhde vaihtelee 50–60 %. (Konttinen 2011; Flyktman 2013; Pien CHP 2017.)

3.2.1 Lämpötehon mukainen CHP

Kun CHP-laitos mitoitetaan tuotetun lämpötehon mukaan, mitoitetaan laitos vastaamaan 55 % koko verkoston lämpötehosta kuten KPA-kattilaakin mitoitettaessa.

Oletetaan sähköntuotannon hyötysuhteen olevan 30 % ja lämmöntuotannon 60 %. Tällöin lämpötehoa laitoksella tuotettaisiin 380 kW, sähkötehoa 190 kW ja laitoksen polttoaineteho olisi noin 640 kW.

Kun laitoksen käytön alarajana pidetään 25 % polttoainetehosta ja laitoksen käytettävyydestä 90 %, tuotetut sähkö- ja lämpöenergiämäärät nähdään taulukosta 4.

TAULUKKO 4. Lämpötehon mukaisesti mitoitettun CHP-laitoksen tunnuslukuja.

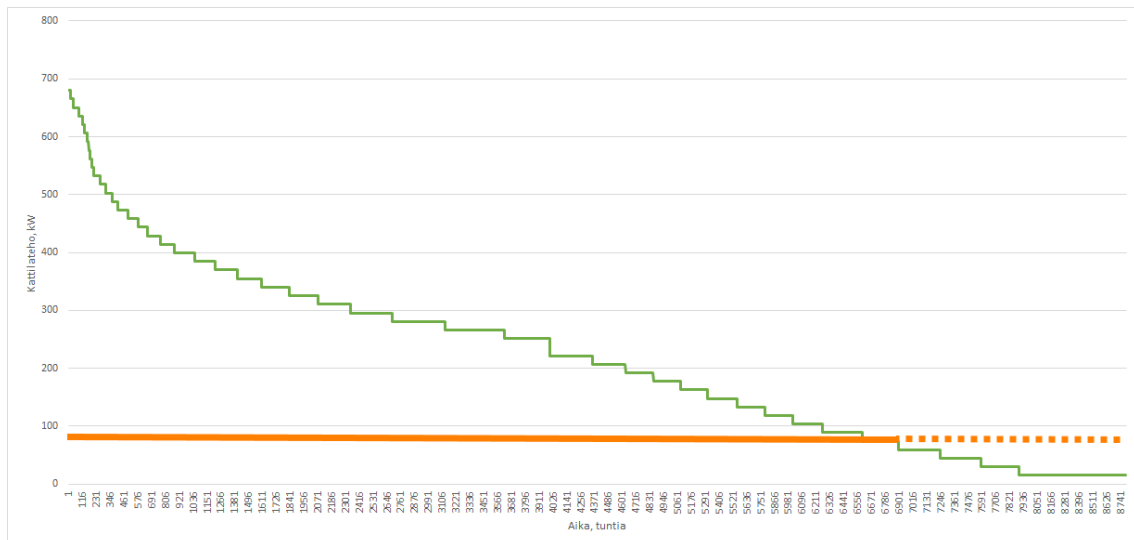
Lämmöntuotto [MWh]	1 505
Oma käyttö [MWh]	1 350
Ylijäämälämpö [MWh]	155
Sähkön tuotto [MWh]	755
Oma käyttö [MWh]	302
Ylijäämäsähkö [MWh]	453
Nimellistehon käyttöaika [h]	3530

Taulukosta 4 nähdään myös nimellistehon käyttöaika, joka tässä tapauksessa on suhteellisen alhainen CHP-laitokselle. Kun otetaan huomioon myös laitoksen kokonaisteho 640 kW, nousisivat käyttö- ja investointikustannukset tässä tapauksessa kohtuuttoman suuriksi.

3.2.2 Sähkötehon mukainen CHP

Keskimääräiseksi sähkötehoksi kiinteistöille saadaan noin 35 kW. Kun CHP-laitos mitoitetaan tämän mukaan, saadaan sähkötehoksi 35 kW, lämpötehoksi 70 kW ja laitoksen polttoainetehoksi noin 120 kW. Laskenta-arvoina käytetään samoja arvoja kuin lämpötehon mukaisessa laskennassa.

Kuvasta 14 nähdään kattilan lämpötehon pysyvyyskäyrä. Kattilaa pystytään käyttämään läpi vuoden sen pienestä tehosta johtuen. Kesällä tuotetaan jonkin verran hukkalämpöä, mutta tämä voidaan hyödyntää esim. hakkeen kuivatuksessa.



KUVA 14. Sähkötehon mukaan mitoitettun CHP-laitoksen lämpötehon pysyvyyskäyrä

Laitoksella tuotetut sähkö- ja lämpöenergiamäärät nähdään taulukosta 5. Pienemmällä, sähkötehon mukaan mitoitettulla CHP-laitoksella saavutetaan huomattavasti suurempi nimellistehon käyttöaika, eikä tuotettua lämpöenergiaa mene hukkaan. Pienempikokoinen CHP-laitos säästää myös niin käyttö- kuin investointikustannuksiakin huomattavasti.

TAULUKKO 5. Sähkötalon mukaisesti mitoitetun CHP-laitoksen tunnuslukuja.

Lämmöntuotto [MWh]	490
Oma käyttö [MWh]	490
Osuus lämmöntarpeesta [%]	36
Sähkön tuotto [MWh]	240
Oma käyttö [MWh]	240
Osuus sähkönkulutuksesta [%]	80
Nimellistehon käyttöaika [h]	6050

3.3 Maalämpö

Maalämpöpumppu kerää kallioon, maaperään tai veteen varastoitunutta aurinkolämpöä. Nykyään suurin osa maalämpöjärjestelmistä toteutetaan lämpökaivoilla. Maalämmöllä on suuret investointikustannukset, mutta järjestelmällä pystytään tuottamaan 90–99 % vuotuisesta energiantarpeesta.

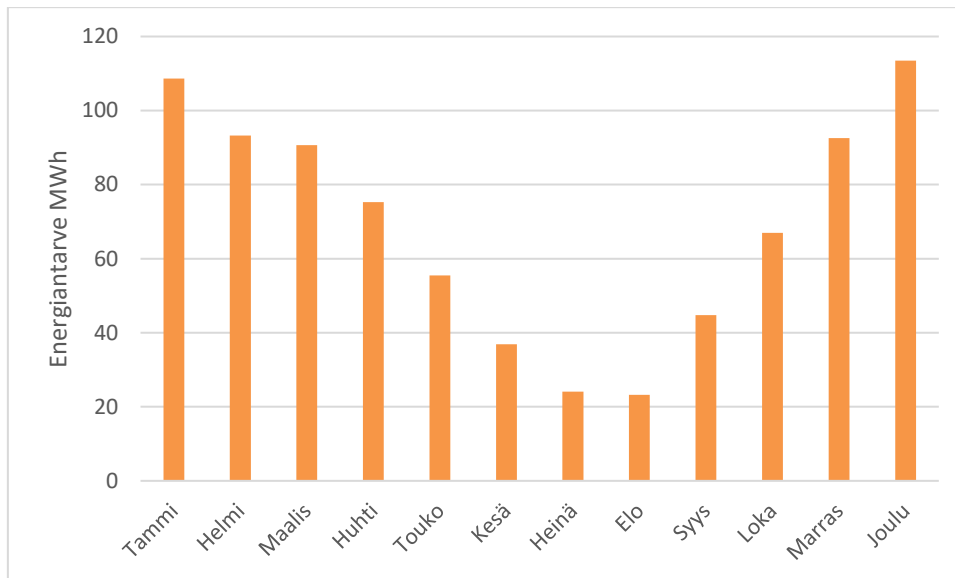
3.3.1 Tehon määrittäminen

Maalämpöpumput voidaan mitoittaa joko osa- tai täysteholle.

Osatehomitoituksella pumppujen enimmäisteho mitoitetaan siten että ne kattavat 50–70 % verkoston lämpötehtarpeesta, jolloin lämpöpumpuilla saadaan katettua 80–95 % lämmityksen tarpeesta. Täystehomitoituksella lämpöpumput mitoitetaan suoraan enimmäisteholle, jolloin tuotetaan kaikki tarvittava energia lämpöpumpuilla. Tällöin kannattavuutta kannattaa tutkia tarkoin. (RT 50-10755, 2001.)

Maalämpöpumput on mitoitettu ainoastaan koulun ja päiväkodin kiinteistölle. Rautiolantie 7:n kiinteistön ollessa huomattavan kaukana, sinne pitäisi mitoittaa

oma maalämpöjärjestelmänsä. Pelkästään koulun ja päiväkodin kiinteistöjen lämmityksentarpeet on kuvattuna kolmen vuoden keskiarvona kuvassa 15.



KUVA 15. Koulun ja päiväkodin yhteenlasketut lämpöenergiantarvekeskiarvot kuukausittain vuosina 2014-2016.

Kuukausien lämmöntarvekeskiarvot yhteenlaskemalla saadaan vuotuiseksi kolmen vuoden lämmöntarvekeskiarvoksi 825,2 MWh. Tästä voidaan laskea arvio kiinteistöjen lämmitykseen vuodessa kuluvan öljyn määrästä kaavalla 1. (D5 (2013). 2012, 730.)

$$V_{öljy} = \frac{\frac{852,2 \text{ MWh} \cdot 1000}{10,02 \text{ kWh/dm}^3}}{0,87} = 97\,758,5 \text{ dm}^3$$

Käytössä olevien öljykattiloiden hyötysuhteena käytettiin 87 %. (Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. 2010.)

Kokemusperäisiä arvoja käyttäen voidaan öljynkulutuksesta laskea kiinteistöjen huipputehon tarve. Huipputeholla tarkoitetaan lämmitystehon tarvetta silloin, kun kulutus on suurimmillaan. Jakamalla öljynkulutuksen 200–250:llä saadaan

tulokseksi huipputehon tarve kilowatteina. Lämmitystehon tarpeeksi saadaan laskettua kaavalla 2, noin 490 kW. (Energian kulutus ja tehon tarve. 2017.)

$$P_{\text{lämpö}} = \frac{V_{\text{öljy}}}{200} = 488,8 \text{ kW}$$

Mitoitetaan maalämpöpumppu 70 %:n osateholle. Tämän tulisi kattaa noin 93 % lämmitysenergiantarpeesta liitteen 1 taulukon mukaan. Maalämpöpumpun tehoksi tulisi 340 kW. Loput 7 % tuotettaisiin tässä tapauksessa kiinteistössä jo olevilla öljykattiloilla sähkövastusten tarvittavan koon ollessa kustannusten puolesta epäsuotuisa vaihtoehto. Öljyllä tuotettaisiin tässä tapauksessa siis noin 55 MWh lämpöä. (Urpilainen 2017.)

Kun arvioidaan pumpun kattavan 93 % lämmitysenergiantarpeesta eli noin 770 MWh, saadaan maasta otetun energian määräksi noin 450–575 MWh. Maalämpöpumpuilla maasta otettu energia on yleensä 60–75 % pumpulla tuotetusta lämpöenergiasta.

3.3.2 Lämpökaivot

Tarvittavien lämpökaivojen määrä mitoitetaan porakaivosta tarvittavan energian ja tehon mukaan. Saaduista arvoista suurempi valitaan käytettäväksi. Kaivojen syvyydeksi valittiin 300 metriä. (Urpilainen 2017.)

Kaivosta saatavan energiamäärän ollessa edellä olevien arvioiden mukaan noin 525 MWh ja kaivosta saatavan energiamäärän putkimetriä kohden on noin 100 kWh/m, tarvittava putkipituus on 5 250 metriä. Kun lasketaan kaivojen määrä, keskimääräisen kaivon ollessa 300 metriä syvä saadaan kaivojen lukumääräksi 17,5 eli 18 kaivoa.

Kun maalämpöpumpun mitoitus-teho on 340 kW, saadaan kaivosta tehoa 60–75 % tästä eli noin 225 kW. Kaivon energianluovutuksen arvioidaan olevan noin 45 W/m jatkuvassa käytössä. Tällöin tarvittavaksi putkipituudeksi saadaan 5000 metriä. 300 metrin kaivoilla saadaan kaivojen lukumääräksi 16,67 eli 17 kaivoa. (Harju 2010, 183.)

3.4 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpulla tarkoitetaan järjestelmää, joka ottaa lämpöenergiaa ulkoilmasta. Se on toimiva ratkaisu silloin, kun kohteen tontille ei kannata tai ei pystytä asentamaan maalämpöjärjestelmää. Ilma-vesilämpöpumppu on investoinniltaan maalämpöä halvempi, mutta toisaalta se tuottaa vähemmän lämpöenergiaa kuin maalämpö.

3.4.1 Tehon määrittäminen

Ilma-vesilämpöpumppujen mitoituslaskenta saadaan suoraan maalämpöpumpun mitoituslaskennasta. Pumpulla saadaan liitteenä 2 olevan taulukon mukaan tuotettua noin 79 % vuotuisesta energiantarpeesta eli noin 650 MWh. (Urpilainen 2017.)

Ilma-vesilämpöpumppuja voitaisiin hyödyntää niin koulun ja päiväkodin kiinteistöissä kuin myös Rautiolantie 7:n kiinteistössä. Etuna esim. maalämpöön nähden ovat edullisemmat investointikustannukset. Tässä työssä ilma-vesilämpöpumput on kuitenkin mitoitettu ainoastaan koulun ja päiväkodin kiinteistöihin, koska nämä kiinteistöt kuuluvat työn tilaajalle.

3.4.2 Tukipolttoaine

Tukipolttoaineena kyseessä olevan kokoisessa kiinteistössä suositellaan käytettäväksi kohteessa olevia öljykattiloita. Öljyllä siis tuotettaisiin vuodessa noin 175 MWh lämpöä. (Urpilainen 2017.)

4 KUSTANNUKSET

Kustannusarviot on esitetty taulukossa 6. Vertailuna käytettiin pelkän öljylämmityksen kustannuksia.

TAULUKKO 6. Energiaratkaisujen kustannusarviot

	Hake	CHP	Maalämpö	Ilma- vesi	Öljy
Investointi [€]	190 000	235 000	550 000	175 000	0
VUOTUISET KUSTANNUKSET					
Öljy [litraa]	18 700	86 700	6 865	21 830	131 587/ 97 759
Öljy [€]	15 000	70 000	5 500	17 500	105 270/ 78 210
Hake [i-m³]	1 700	950	0	0	0
Hake [€]	42 500	23 750	0	0	0
Sähkö [MWh]	301,9	52	501,9	451,9	301,9
Sähkö [€]	36 228	6 250	60 228	54 228	36 228
Työvoima [€]	15 000	15 000	0	0	0
Yhteensä [€]	108 728	115 000	65 728	71 728	141 497/ 114 438
Säästö/vuosi [€]	32 769	26 497	48 710	42 710	0
Takaisinmaksuaika [vuotta]	5,8	8,9	11,3	4,1	0

Sähkön hintana on käytetty 0,12 €/a/kWh. Hintatieto on saatu Energiaviraston sähkön hintatiedoista. Hakkeen ja öljyn hintoina on käytetty taulukossa 1 mainittuja hintoja. (Sähkön hintatilastot. 2017.)

4.1 Hakelämpölaitos

Hakelämpölaitoksen mitoitettua kokoa parhaiten vastaavaksi lämpökeskukseksi valittiin Ala-Talkkarin Veto Cont M 400 kW. Kun laskenta suoritetaan uudestaan 400 kW:n lämpökeskukselle, saadaan tuotetuksi lämpöenergiaksi vuodessa 1200 MWh ja nimellistehon käyttöajaksi 3000 tuntia. Laitoksella saataisiin katettua 89 % vuotuisesta lämpöenergiantarpeesta.

Tämän ratkaisun ehdoton etu on sen helppo käyttöönotettavuus. Lämpökeskus rakennetaan valmiiksi tehtaalla, eikä kohteeseen jää muuta tehtävää kuin lämpökanaalien kytkentä. (Veto Cont-lämpökeskukset. 2015.)

Ala-Talkkarin Veto Cont M 400 kW -lämpökeskukselle saatiin hintatiedoksi noin 150 000 € riippuen hiukan varustelutasosta. Tämän lisäksi investointikustannuksia aiheuttaa kaukolämpöverkon rakennus, johon pyydettiin arviota Oulun Lämpöputkitus Oy:ltä, josta kustannusarvioksi saatiin noin 40 000 €. (Ohenoja 2017; Västinsalo 2017.)

Laitos käyttäisi haketta noin 1 700 i-m³, jonka lisäksi öljyä kuluisi n. 18 700 litraa. Polttoainekustannukset olisivat täten öljyn osalta n. 15 000 €/a ja hakkeen osalta n. 42 500 €/a.

Hakelämpölaitos oletettavasti myös työllistäisi yhden laitospöihien osapäiväisesti. Laitospöiehen vuosipalkaksi arvioidaan 15 000 €. (Urpilainen 2017.)

Hakelämpölaitoksen takaisinmaksuaika olisi näillä kustannusarvioilla 5,8 vuotta, joten hanke olisi kustannusten puolesta kannattava. Laskennassa ei ole huomioitu huoltokustannuksia.

4.2 CHP-laitos

Sähkötehon mukaan mitoitettun CHP-laitoksen mitat täyttää Volter Oy:n Volter Indoor 40 -CHP-voimalaitos. Volter Indoor 40:n sähköteho on 40 kW ja lämpöteho 100 kW. Polttoaineena se käyttää haketta. Tukipolttoaineena käytettäisiin kohteissa olevia öljykattiloita. (Volter Indoor -malli. 2013.)

Kun CHP-laskenta suoritetaan uudelleen, saadaan laitoksen nimellistehon käyttöajaksi noin 6500 tuntia, tuotetuksi lämpöenergian määräksi noin 655 MWh ja tuotetun sähkötehon määräksi noin 250 MWh. Haketta laitos käyttää arviolta 950 i-m³ vuodessa.

Hakkeen vuotuiset kustannukset ovat 23 750 €. Öljykattiloilla tuotettavaksi lämpöenergian määräksi jäisi noin 695 MWh, joten öljyä kuluisi vuodessa arviolta 86 700 litraa. Öljyyn kuluisi vuodessa noin 70 000 €. Ostetun sähkön osuudeksi jäisi tämän kokoisella CHP-laitoksella 52 MWh, eli sähköön kuluisi vuodessa 6 250 €.

Myös CHP-laitos vaatisi laitoshenkilön, mutta Volter Indoor 40 -mallin vaatiman vähäisen huollon ja etävalvonnan vuoksi kustannukset voidaan arvioida pienemmiksi. Laitoshenkilöstä aiheutuviksi palkkakustannuksiksi arvioidaan 15 000 €/a.

CHP-laitoksen takaisinmaksuaika olisi näillä kustannusarvioilla 8,9 vuotta, joten hanke olisi kustannusten puolesta kannattava, mutta jos tavoitteena on vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä, ei hyöty ole niin merkittävä kuin esim. hakelämpölaitoksella. Laskennassa ei ole huomioitu huoltokustannuksia.

4.3 Maalämpö

Maalämpöpumpuiksi valittiin kaksi kappaletta Oilonin Geopro RE 170 kW -maalämpöpumppuja. Maalämpökaivojen, pumppujen asennuksen ja järjestelmän käyttöönoton hinnalle saatiin arvio Lämpöykkönen Oy:ltä. Koko järjestelmä asennettuna ja käyttövalmiina maksaisi noin 550 000 €. (Urpilainen 2017.)

Järjestelmällä saataisiin tuotettua lämpöä noin 770 MWh. Tästä noin 570 MWh saadaan maalämpökaivoista, joita on 18 kpl, ja loput 200 MWh tuotetaan pumppujen sähkökompressorilla. (Suurkiinteistömaalämpöpumppu Oilon RE. 2013.)

Tukipolttoaineena käytetään tässäkin tapauksessa kiinteistössä jo olevia öljykattiloita. Niillä tuotettaisiin vuodessa noin 55 MWh lämpöä. Öljyä kuluisi noin 6 865 litraa vuodessa. (Urpilainen 2017.)

Vuotuisia käyttökustannuksia aiheutuisi siis pumppujen tarvitseman sähkön ostosta ja huipputehontarpeiden aikaisesta öljylämmityksen käytöstä. Kun ostosähkön hinnaksi arvioidaan 0,12 €/kWh, saadaan ostosähköstä aiheutuviksi vuotuisiksi kustannuksiksi 24 000 €. Öljyn hinnaksi saadaan n. 5 500 €/a.

Maalämpöpumppujärjestelmän takaisinmaksuajaksi saadaan noin 11,3 vuotta, joka on tämän kokoluokan maalämpöjärjestelmälle melko realistinen lukema. Kustannuksissa ei ole huomioitu mahdollisia huoltokuluja.

4.4 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpuiksi valittiin Oilon AWpro 40 -ilma-vesilämpöpumput. Pumppuja tulisi yhteensä 9 kpl, kun yhden pumpun antama lämmitysteho on 40,2 kW. Myös tälle järjestelmälle saatiin kustannusarvio Lämpöykkönen Oy:ltä. Koko järjestelmän hinnaksi tulisi noin 175 000 €, käyttövalmiiksi asennettuna. (Oilon Awpro. 2017.)

Aikaisempien laskujen mukaan järjestelmällä saataisiin tuotettua lämpöä noin 650 MWh. Sähköä järjestelmä käyttäisi tämän lämmön tuottamiseen noin 150 MWh.

Tukipolttoaineena käytetään myös tässä tapauksessa kiinteistössä jo olevia öljykattiloita. Niillä tuotettaisiin vuodessa noin 175 MWh lämpöä. Öljyä kuluisi vuodessa noin 21 830 litraa.

Vuotuisia käyttökustannuksia aiheutuisi siis pumppujen tarvitseman sähkön ostosta ja huipputehontarpeiden aikaisesta öljylämmityksen käytöstä. Kun

ostosähkön hinnaksi arvioidaan 0,12 €/kWh, saadaan ostosähköstä aiheutuviksi vuotuisiksi kustannuksiksi 18 000 €. Öljyn hinnaksi saadaan n. 17 500 €/a.

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän takaisinmaksuajaksi tulisi noin 4,1 vuotta, mikä on näistä energiaratkaisuista lyhin. Verrattuna maalämpöön öljyn käyttö on kuitenkin yli kolminkertainen, joten jos tavoitteena on saada fossiilisten polttoaineiden käyttö mahdollisimman alhaiseksi, voisi maalämpö olla parempi vaihtoehto.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella ja mitoittaa erilaisia energiantuotannon vaihtoehtoja Haukiputaan aseman koululle ja päiväkodille, nykyisen öljylämmityksen tilalle. Työn tilasi Oulun Tilakeskus. Työtä varten saatiin kattavat energiankulutustiedot kiinteistöistä. Niiltä osin kun tarkkoja kulutustietoja ei ollut saatavilla, käytettiin yleisesti hyväksytyjä standardiarvoja.

Aseman koululle ja päiväkodin kiinteistöihin mitoitettiin neljä erityyppistä energiaratkaisua. Kaikissa energiaratkaisuissa yhteistä on se, että tukipolttoaineena käytettäisiin öljyä. Hakelämpö- ja CHP-laitoksiin liitettiin mukaan myös Oulun Sivakan hallinnoima rivitaloyhtiö, joka sijaitsee koulun läheisyydessä. Maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumppujärjestelmät mitoitettiin ainoastaan koulun ja päiväkodin kiinteistöihin.

Energiantuotantovaihtoehtoista kaikille saatiin laskettua vähintäänkin kohtuulliset investoinnin takaisinmaksuajat. CHP-laitosta lukuun ottamatta kaikilla vaihtoehtoilla saadaan myös vähennettyä öljyn käyttöä kiinteistöissä merkittävästi.

Esiteltäessä työtä tilaajalle parhaimmaksi vaihtoehdoksi nousi hakelämpölaitos. Hakelämpölaitoksesta saadaan lämpö useampaan kiinteistöön alueella, joten investointikulut saadaan jaettua useamman osakkaan kesken.

Hakelämpölaitoksella todettiin myös olevan työllistävä vaikutus, joka nähtiin ehdottoman positiivisena asiana. Jos lämpölaitos mitoitettaisiin suuremmaksi, voitaisiin sen verkostoon myös liittää muita kiinteistöjä. Halukkuus lämpölaitoksen piiriin liittymisestä suositellaankin kartoitettavaksi. Saamalla enemmän kiinteistöjä hakelämpölaitoksen verkostoon saataisiin myös lisättyä alueen omavaraisuutta.

LÄHTEET

D5 (2013). 2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B8C5C3B41-E127-4889-95B0-285E9223DEE6%7D/40468>. Hakupäivä 20.3.2017.

Energian kulutus ja tehon tarve. 2017. Bioenergian Pikkujättiläinen. Saatavissa: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biolampolaitos/energian-kulutus-ja-tehon-tarve/>. Hakupäivä 20.3.2017.

Flyktman, Martti 2013. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto biomassasta. VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/files/news/2013/13062013/06_Sahkon_ja_lammon_yhteistuotanto.pdf. Hakupäivä 22.3.2017.

Haapakoski, Jarno 2017. Re:Volter Indoor 40 -kustannuskysymys. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: t2alti00@students.oamk.fi. 10.5.2017.

Hakelämpökeskuksen hankinta. 2002. Suomen kuntaliitto. Saatavissa: shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/p040209144251P.pdf. Hakupäivä 20.3.2017.

Harju, Pentti 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky.

Ilma-vesilämpöpumppu. 2017. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu. Hakupäivä 22.3.2017.

Kaukolämmön käsikirja. 2006. Energiateollisuus ry. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.

Konttinen, Jukka 2011. Pien-CHP:stä voimaa vientiin ja maakuntaan(?). Jyväskylän yliopisto. Saatavissa: <http://www.kesto.fi/ACFiles/Download.asp?recID=5392>. Hakupäivä 20.3.2017

Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2017. Motiva Oy. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi. Hakupäivä 22.3.2017.

Lämpöpumppujen energialaskentaopas. 2012. Ympäristöministeriö. Saatavissa:
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B10A732A6-EA2F-45F9-869C-6F909138CB26%7D/30757>. Hakupäivä 22.3.2017.

Lämpötilatiedot Oulun Vihreäsaaren sääasemalta vuodelta 2016. 2017.
Ilmatieteen laitos.

Maalämpöpumppu. 2017. Motiva Oy. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu. Hakupäivä 20.3.2017

Mäkelä, Veli-Matti – Tuunanen, Jarmo 2015. Suomalainen kaukolämmitys.
Saatavissa:
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 22.3.2017.

Mäkelä, Veli-Matti 2016. T621206 Kaukolämmitys 6 op. Opintojakson luennot syksyllä 2016. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Ohenoja, Matti 2017. Re:Opinnäytetyökysymys. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja t2alti00@students.oamk.fi. 11.5.2017.

Oilon Awpro. 2017. Oilon. Saatavissa:
https://filebrowser.oilon.com/www/uploadedfiles/OilonHome/Materials/AWpro_ilmavesil%C3%A4mp%C3%B6pumppu_FI.pdf. Hakupäivä 15.5.2017

Pien CHP. 2017. Bioenergian Pikkujättiläinen. Saatavissa:
<http://www.bioenergianeuvoja.fi/biolampolaitos/kayttajakokemuksia/pien-chp/>.
Hakupäivä 20.3.2017.

Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. 2010. Motiva Oy. Saatavissa:
https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiili

[dioksidin ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf](#).

Hakupäivä 20.3.2017.

Puun kosteus. 2017. Bioenergian Pikkujättiläinen. Saatavissa:

<http://www.bioenergianeuvoja.fi/faktaa/puun-kosteus/>. Hakupäivä 20.3.2017.

RT 50-10755. 2001. Maalämmitys. Rakennustieto Oy. Saatavissa:

<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10755> (vaatii käyttäjälisenssin).

Hakupäivä 20.3.2017.

Suurkiinteistömaalämpöpumppu Oilon RE. 2013. Oilon. Saatavissa:

https://www.oilon.com/uploadedFiles/OilonHome/Materials/Oilon%20RE%20maal%C3%A4mp%C3%B6pumppu_FI_100713.pdf. Hakupäivä 22.3.2017.

Sähkön hintatilat. 2017. Energiavirasto. Saatavissa:

<http://www.sahkonhinta.fi/>. Hakupäivä 16.5.2017.

Urpilainen, Tommi 2017. LämpöYkkönen. Puhelinhaastattelu 15.5.2017.

Veto Cont-lämpökeskukset. 2015. Ala-Talkkari. Saatavissa:

<http://c5jnc9gd.c5.suncomet.fi/wp-content/uploads/2015/03/lampokeskukset4s.pdf>. Hakupäivä 22.3.2017.

Volter Indoor -malli. 2013. Volter Oy. Saatavissa: <http://volter.fi/fi/portfolio/volter-sisamalli/>. Hakupäivä 15.5.2017

Västinsalo, Jukka 2017. Ala-Talkkari. Puhelinhaastattelu. 15.5.2017.

ϕ_{lpn}/ϕ_{tila}	$\frac{Q_{\text{lämmitys,tilat}}}{Q_{\text{lämmitys,LKV}}}$	Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,3	0,5	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36
	1	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44
	2	0,62	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,54	0,44	0,54	0,52	0,51
	4	0,68	0,65	0,62	0,59	0,67	0,63	0,60	0,58	0,63	0,59	0,56	0,54
0,4	0,5	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48
	1	0,67	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59
	2	0,78	0,75	0,72	0,70	0,76	0,73	0,70	0,68	0,59	0,69	0,67	0,64
	4	0,84	0,79	0,76	0,73	0,82	0,77	0,73	0,70	0,78	0,73	0,69	0,66
0,5	0,5	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61
	1	0,82	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,76	0,74	0,77	0,74	0,73	0,71
	2	0,90	0,87	0,84	0,81	0,89	0,85	0,82	0,79	0,71	0,81	0,78	0,75
	4	0,92	0,89	0,86	0,83	0,91	0,88	0,84	0,81	0,89	0,84	0,80	0,76
0,6	0,5	0,81	0,80	0,79	0,78	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73
	1	0,92	0,90	0,88	0,86	0,91	0,88	0,86	0,84	0,88	0,85	0,82	0,80
	2	0,95	0,93	0,91	0,89	0,95	0,92	0,90	0,87	0,80	0,90	0,86	0,83
	4	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,93	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88	0,85
0,7	0,5	0,92	0,90	0,88	0,87	0,90	0,88	0,87	0,86	0,87	0,85	0,84	0,83
	1	0,97	0,95	0,94	0,92	0,96	0,95	0,93	0,91	0,95	0,92	0,90	0,88
	2	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	0,95	0,92	0,90
	4	0,98	0,97	0,95	0,94	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,95	0,93	0,90
0,8	0,5	0,97	0,96	0,95	0,94	0,97	0,95	0,94	0,93	0,95	0,93	0,91	0,90
	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95	0,98	0,96	0,95	0,93
	2	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,97	0,95	0,95
	4	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,98	0,96	0,94
0,9	0,5	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95
	1	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96
	2	1,00	0,99	0,98	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
	4	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
1,0	0,5	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97
	1	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	2	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	4	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	0,98

ϕ_{lpr}/ϕ_{tila}	$Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, LKV}}$	Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,3	0,5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
	1	0,39	0,39	0,39	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33
	2	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,40	0,39	0,39	0,38
	4	0,56	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41
0,4	0,5	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38
	1	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44
	2	0,63	0,61	0,60	0,58	0,60	0,58	0,57	0,56	0,52	0,51	0,50	0,49
	4	0,68	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,51
0,5	0,5	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,52	0,52	0,47	0,47	0,47	0,47
	1	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,55	0,54	0,54	0,53
	2	0,73	0,71	0,69	0,68	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,60	0,58	0,57
	4	0,78	0,75	0,72	0,70	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58
0,6	0,5	0,64	0,64	0,64	0,64	0,62	0,62	0,62	0,61	0,55	0,55	0,55	0,55
	1	0,75	0,74	0,72	0,72	0,72	0,70	0,69	0,69	0,64	0,63	0,62	0,61
	2	0,82	0,79	0,77	0,75	0,78	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	0,65	0,64
	4	0,84	0,82	0,80	0,77	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,66	0,64
0,7	0,5	0,73	0,73	0,73	0,73	0,70	0,70	0,70	0,70	0,63	0,63	0,63	0,63
	1	0,83	0,81	0,80	0,78	0,79	0,78	0,76	0,75	0,71	0,69	0,68	0,67
	2	0,87	0,85	0,83	0,82	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69
	4	0,89	0,87	0,85	0,83	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70
0,8	0,5	0,81	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,72	0,71	0,71	0,70
	1	0,88	0,87	0,85	0,84	0,86	0,85	0,84	0,82	0,77	0,76	0,74	0,73
	2	0,90	0,89	0,88	0,86	0,88	0,86	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
	4	0,91	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74